【 54 】

氏　名	静　田　靖（しずた　やすし）
学位の種類	理　学　博　士
学位記番号	論　理　博　第　89　号
学位授与の日付	昭和40年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**On Fundamental Equations of Spatially Independent Problems in Neutron Thermalization Theory** （中性子の熱中性子化理論における空間非依存的問題の基礎方程式について）
論文調査委員	（主査）教授 溝畑　茂　教授 湯川秀樹　教授 林　忠四郎

論　文　内　容　の　要　旨

無限に拡がった均質な媒質の中の中性子速度分布函数 $N(x, t)$ は次の線型ボルツマン方程式に従う。

$$\frac{\partial}{\partial t}N(x,t)=-\alpha(x)N(x,t)+S(x,t)+\int_0^\infty \{G(y,x)N(y,t)-G(x,y)N(x,t)\}dy$$

$$(0\leq x<+\infty,\ 0\leq t<+\infty)$$

ここにxは速度の大きさ，t は時間をあらわし，$\alpha(x)$，$S(x, t)$，$G(x, t)$ はそれぞれ吸収，中性子源および散乱函数をあらわす。主論文はこのボルツマン方程式に関する初期値問題を数学的に厳密な方法で解いて，高いエネルギーの中性子が媒質の中で減速されて遂に熱中性子（thermal neutron）になる物理的過程を数学的に明快な形で示したものである。

上のボルツマン方程式を研究することは，実は次に定義される作用素 A：

$$(Au)(x)=V(x)u(x)-\int_0^\infty K(x,y)u(y)dy$$

のスペクトルを調べることに帰着される。ここに $V(x)$，$K(x, y)$ は散乱函数 $G(x, y)$ およびマックスウェル分布を用いて定義されるものである。散乱は弾性的かつ重心座標系において等方的と仮定し，また，散乱断面積（scattering cross section）は速度に無関係に一定であるとすると，媒質が一様な温度にあるとの仮定から散乱函数 $G(x,y)$ を計算して具体的な形に求め得ることが知られている。主論文は，まずこの $G(x,y)$ を用いて形式的に定義された作用素 A をあらためて数学的に厳密に定義し，そのスペクトルを函数解析的な手法で調べ，次の諸結果を得ている。

(1)　A はヒルベルト空間 $L^2\,(0+\infty)$ の自己共役作用素である。

(2)　負の実軸上に A のスペクトルは存在しない。

(3)　$\lambda=0$ は A の単純な固有値であって，対応する固有函数はマックスウェル函数をあらわす。

(4)　A の集積スペクトルは区間（$2/\sqrt{\pi\mu}$，$+\infty$）を被う。

(5)　A の絶対連続スペクトルは区間（$2/\sqrt{\pi\mu}$，$+\infty$）と一致し，かつ多重度は単純である。

ただし，ここで μ は媒質原子の質量と中性子質量との比を表わす。特に(2), (3)の結果は散乱函数の具体的な形によるものではなく，詳細釣り合いの条件（detailed balance condition）のみから導かれることが示されている。また，散乱断面積の一定の仮定が本質的なものではなく，それを取り除いても(4), (5)の結論が成り立つことが注意されている。

次に，これらの A のスペクトルに関する諸結果を用いることによって，この論文は中性子速度分布函数の時間無限大における漸近的な振舞いを決定している。この振舞いは物理的に予想されるものと完全に一致している。すなわち，時間無限大の極限では中性子分布函数はある極限分布に近づくこと，この極限分布はマックスウェル分布であって，媒質と中性子との熱平衡が起こったことを示すものであること，そして特に吸収と中性子源がともに存在する場合に限って極限分布がマックスウェル分布からずれることが示されている。

以上のようにこの論文は中性子の熱中性子化理論における空間非依存的問題（spatially independent problem）の基礎方程式について基本的な諸事実をほぼ完全に解明したものであるということができる。

参考論文1は重い単原子気体（heavy monatomic gas）モデルといわれるものを数学的に正しく取り扱う方法を示したものである。また，参考論文2は，連続スペクトルを持つ作用素に対する固有函数展開の一つの例を示したものであって，主論文において述べられている作用素 A の固有函数展開に関する予想と密接な関連を持つものである。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文の特徴として注目しなければならないことは著者が対象としては物理学上の一問題を取りあげながら手法としては一貫して数学的に厳密性を重んずる立場をとっていることである。すなわち，本論文は函数解析学の一応用としての数理物理学の具体的な好例をあたえるものであると云うことが出来る。

中性子の熱中性子化理論に関する研究は今まで主として原子炉物理学との関連においてなされることが多く，従ってそのいずれも実験事実との対比に興味の焦点が置かれていて，ほとんど例外なく近似解法によっていた。その結果として，物理的には明らかな事柄が数学的には証明をあたえられたことがないと云う状態が続いていたと考えられる。例えば何故減速剤の中で中性子の減速および熱中性子化が起こるのかと云う問は今迄答えられることがなかったのである。著者は本論文において上の問に対して数学的に完全な方法で肯定的な答を与えている。このことは中性子の速度分布函数の時間的変化を記述する線型ボルツマン方程式の基本的な性質が初めて十分に理解されたことを示すものとして重要な意義を持つと考えられる。

さらに著者はこの方程式から生ずる固有値問題を調べた結果スペクトルは必ず連続スペクトルを含むことを見出した。このことは固有値は離散的であろうという従来の予想をくつがえすものであり，物理的直観のみにたよることが有効でないことを示す例が得られたことは極めて注目すべきことであると思われる。またその証明において著者は絶対連続スペクトルの安定性に関する加藤—黒田の定理を用いているが，この定理が具体的な問題に応用されたのは恐らく初めてのことと考えられる。すなわち，スペクトル解析の応用という観点からも本論文はきわめて新鮮な内容を含んでいると云える。また，上に述べた加藤

一黒田の定理は量子論における散乱演算子の概念を数学的に基礎づける必要性から生れたものであり，それが本論文において統計力学の一問題に有効に応用されたことは物理学と数学の相互関連の深さを示すものとして甚だ興味深いことと云えるであろう。

参考論文二編はいずれも物理学上の問題を数学的に厳密性を失うことなく扱ったものであり数理物理学上の貴重な論文である。

以上の点から，本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認めることができる。